Asian Journal of
Science, Technology, Engineering, and Art

e-ISSN : 3025-4507
p-ISSN : 3025-5287
Index : Harvard, Boston, Sydney University, Dimensions, Lens, Scilit, Semantic, Google, etc

https://doi.org/10.58578/AJSTEA.v1i2.2046

PENGARUH ADITIF MONOETHANOLAMINE (MEA) TERHADAP STRUKTUR KRISTAL COPPER TIN OXIDE

The Influence of Monoethanolamine (MEA) Additive on the Crystal Structure of Copper Tin Oxide

Marlina Yulfitrianti[1], Hary Sanjaya[2], Septian Budiman[3]
Universitas Negeri Padang
Marlinayulfitrianti123@gmail.com ; hary.s@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Oct 2, 2023	Oct 21, 2023	Oct 27, 2023	Nov 2, 2023

Abstract

Solar cell technology is a technology that can create electrical energy using semiconductor devices that have p-n connections. Copper tin oxide CuSnO3 (CSO) is an amorphous oxide semiconductor with a band gap of 2.0–2.5 eV. The method used is sol gel with the addition of one of the commonly used additives, namely Monoethanolamine (MEA). This research aims to determine the effect of monoethanolamine additives on the crystal structure of Copper Tin Oxide using the Sol Gel method. This research is quantitative research by collecting data from previous research and then conducting research using specified methods and objects. The results of research using XRD showed particle sizes ranging from 40.10 – 50.02 nm and the results obtained without additives were 21.06 nm. This is because the addition of additives greatly influences the crystal size and crystal Structure.

Keywords : Crystal Structure, Sol Gel Method, X-Ray Diffraction, Copper Tin Oxide

AJSTEA Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

Abstrak *:* Teknologi sel surya merupakan teknologi yang dapat menciptakan energi listrik dengan menggunakan perangkat semikonduktor yang memiliki sambungan p-n. Tembaga timah oksida CuSnO3 (CSO) adalah semikonduktor oksida amorf dengan celah pita 2,0–2,5 eV. Metode yang digunakan sol gel dengan penambahan salah satu zat aditif yang umum digunakan yaitu Monoethanolamine (MEA). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan Pengaruh aditif monoethanolamine terhadap struktur kristal Copper Tin Oxide dengan metode Sol Gel. Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan mengumpulkan data dari riset sebelumnya kemudian melakukan riset dengan metode dan objek yang ditentukan. Hasil penelitian menggunakan XRD didapatkan ukuran partikel berkisar 40,10 – 50,02 nm dan hasil yang diperoleh tanpa aditif yaitu 21,06 nm. Hal ini disebabkan penambahan aditif sangat berpengaruh terhadap ukuran kristal dan struktur kristal.

Kata Kunci : Struktur Kristal, Metode Sol Gel, X-Ray Diffraction, Copper Tin Oxide

PENDAHULUAN

Munculnya alat-alat yang memanfaatkan sistem kendali digital dan otomatis merupakan tanda pesatnya perkembangan teknologi di segala bidang saat ini. Mulai dari teknologi mekanik, listrik, dan tentunya teknologi komunikasi, teknologi sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Teknologi benar-benar membuat aktivitas manusia menjadi lebih mudah dan efektif di dunia global saat ini (Tanto & Darmuji, 2020). Teknologi sel surya merupakan teknologi yang dapat menciptakan energi listrik dengan menggunakan perangkat semikonduktor yang memiliki sambungan p-n. Semikonduktor adalah bahan yang bersifat setengah konduktor karena celah energi yang dibentuk oleh struktur bahan ini lebih sempit dari celah energi bahan isolator tetapi lebih lebar dari celah energi bahan konduktor (Puspitaningrum & Sujitno, 2017).

Tembaga timah oksida, CuSnO3 (CSO), adalah semikonduktor oksida amorf dengan celah pita 2,0–2,5 eV yang dapat diatur yang diproduksi secara melimpah dan murah dari permukaan bumi (Kim, Gab Kyung Seo et al., 2017). Sifat unik CuSnO3 termasuk kesederhanaan, biaya rendah, konduktivitas listrik tinggi, efek sinergis yang baik, struktur lapisan ganda, distorsi dalam struktur kristal, struktur pita dengan superkonduktivitas tinggi dan kapasitansi spesifik, yang semuanya berkontribusi pada stabilitasnya (Gnanamoorthy et al., 2020). CuSnO3 dapat di sintesis menggunakan metode sol gel merupakan teknik sederhana, jauh lebih murah daripada metode secara fisika (Akdağ, 2016). Untuk mendapatkan bahan yang baik harus ditambahkan zat aditif. CuSnO3 membutuhkan zat

aditif ini yang mempengaruhi sifat suatu nanobahan, yang dapat menghasilkan bahan dengan homogenitas yang tinggi (Ningsih, 2016). Salah satu zat aditif yang umum digunakan adalah Monoethanolamine (MEA). MEA adalah pelarut yang paling umum digunakan untuk menangkap CO_2.

Beberapa penelitian telah dilakukan dengan menggunakan material CuO dan SnO2 seperti pada penelitian (Xiong et al., 2018) dilaporkan struktur SnO2 memiliki energy celah pita berkisaran dari 3,5 hingga lebih dari 4,0 eV (bahkan hingga 4,4 eV untuk SnO2 amorf). Tujuan penelitian ini nantinya akan menentukan pengaruh aditif monoethanolamine (MEA) terhadap struktur kristal Copper Tin Oxide.

METODE

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat-alat sebagai berikut: gelas kimia, desikator, furnace, lumpang dan alu, magnetic stirrer, stirrer bar, cawan penguap, pipet ukur, serta UV-DRS, XRF, dan XRD. Dan Penelitian ini menggunakan bahan sebagai berikut: Monoethanolamine (MEA), metanol, alquades, SnCl2, daln CuCl2.

Sintesis Bahan CuSnO3

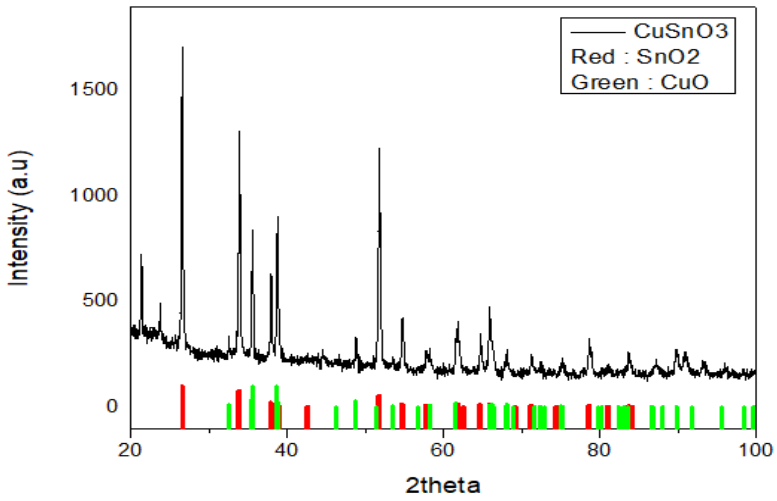
SnCl2.8H2O dan CuCl2.2H2O dihomogenkan dan dilarutkan dalam 50 mL metanol untuk membuat larutan CuSnO3. Setelah ditambahkan 1 mL, 1,5 mL, dan 2 mL aditif Monoethanolamine (MEA) pada masing-masing larutan, campuran diaduk selama 6 jam pada suhu 50°C untuk menghasilkan larutan (sol) yang homogen, setelah itu dibiarkan semalaman hingga stabil. Untuk membuat gel, sampel dikeringkan kurang dari 1 jam dalam oven pada suhu 110°C. CuSnO3 diproduksi dengan cara mengkalsinasi gel dalam furnace pada suhu 600°C selama 2, 4, dan 6 jam. Setelah disimpan dalam desikator, sampel dihaluskan dengan alu dan lumpang sehingga dapat dikarakterisasi (Kasuma et al., 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

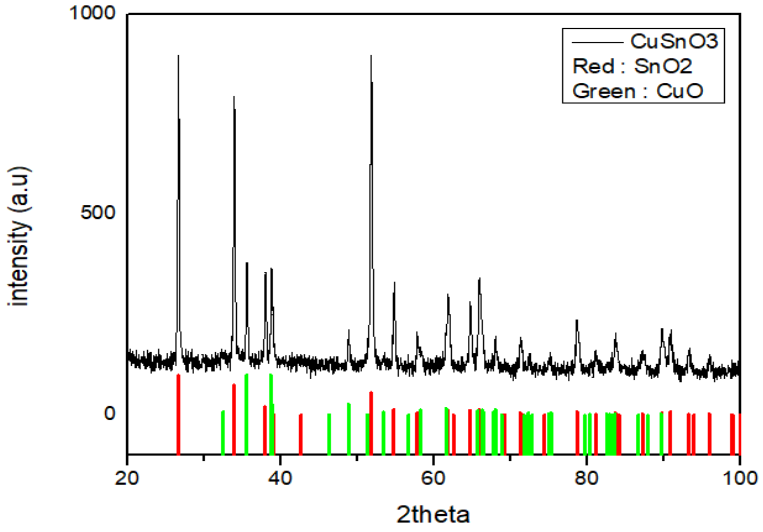
Copper Tin Oxide (CuSnO3) disintesis menggunakan metode sol gel. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi sintesis (CuSnO3) adalah aditif. Untuk mendapatkan material yang bagus perlu ditambahkan zat aditif. Aditif yang digunakan adalah monoethanolamine

dengan variasi 1 mL, 1,5 mL, dan 2 mL. Penambahan variasi aditif MEA ini bertujuan untuk menentukan pengaruh penambahan aditif MEA terhadap ukuran partikel dan komponennya CuSnO3 yang dihasilkan.

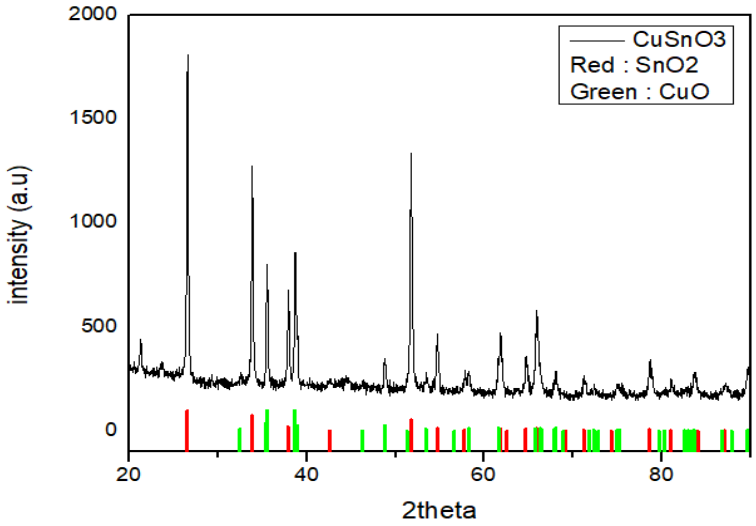
Karakterisasi dengan XRD tujuannya adalah untuk mengetahui struktur dan ukuran partikel dari masing-masing sampel yang digunakan. Hasil dari karakterisasi ini kita peroleh nantinya informasi morfologi bentuk kristal, dan juga bias mengkonfirmasi dengan cara melihat nantinya range ukuran partikel menggunakan persamaan Debye-Scherrer yang mana ukuran partikel dari Copper Tin Oxide (CuSnO3). Hasil yang diperoleh dari pengujian CuSnO3 pada pola difraksi karakteristik 2θ bersama dengan orientasi bidang kristal (hkl) terlihat pada gambar 1 adalah 26,6 (110) dan 35,5 (111). Pada gambar 2 dan 3 adalah 26,6 (110) dan 38,7 (111). Dari puncak-puncak hasil pengujian terhadap CuSnO3 memiliki kemiripan dengan data penelitian sebelumnya (Borhade et al., 2019).



Gambar 1. Pola difraksi MEA 1,5 mL waktu kalsinasi 2 jam



Gambar 2. Pola difraksi MEA 1,5 mL waktu kalsinasi 4 jam



Gambar 3. Pola difraksi MEA 1,5 mL waktu kalsinasi 6 jam

Lebar tiap puncak hasil difraksi sinar X menunjukkan ukuran butir Kristal. Untuk menentukan ukuran butir dapat menggunakan persaman Scherer, oleh karena itu diperlukan nilai FWHM (Full Width High Maximum) tiap puncak. Ukuran kristal kemudian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Scherer (Didik, 2020)

Adapun persamaan Debye schrrer adalah :

$$D = \frac{k\,\lambda}{\beta \cos\theta}$$

Penjelasan rumus, D adalah ukuran kristal, k adalah konstanta Scchrrer untuk Kristal (0,94), λ adalah panjang gelombang sinar-x dengan nilai (0,154), β adalah nilai FWHM dari masing-

masing puncak krakteristik muncul, θ adalah besar dari sudut difraksi. dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Ukuran kristal Copper Tin Oxide (CuSnO3) menggunakan XRD

Waktu kalsinasi	Ukuran Kristal (D)
2 jam	48.05 nm
4 jam	40.10 nm
6 jam	50.02 nm

Dari ukuran Kristal yang diperoleh pada tabel 1 dapat kita lihat bahwa terjadi penurunan kemudian penaikan. Perubahan ukuran kristal selama proses kalsinasi (pemanasan suatu sampel pada suhu tinggi) dapat terjadi karena berbagai faktor yang memengaruhi struktur kristal dan kristalisasi selama proses tersebut. Proses kalsinasi biasanya digunakan untuk menghilangkan air atau senyawa volatil lainnya dari sampel dan untuk mengubah struktur kristal atau komposisi sampel. Penurunan dan peningkatan ukuran kristal selama proses kalsinasi dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti perubahan fasa, kristalisasi, pertumbuhan kristal, defek kristal, dan parameter kisi, serta kondisi eksperimental yang digunakan. Menurut penelitian (Huan et al., 2007) semakin tinggi suhu kalsinasi, semakin kecil ukuran Kristal yang dihasilkan.

Hasil pengujian menggunakan X-ray Diffraction (XRD) terhadap sintesis Copper Tin Oxide (CuSnO3) didapatkan range ukuran Kristal (D) berkisar 40,10 – 50,02 nm. Ukuran Kristal tergolong pada Kristal berukuran nanometer yang ditandai dengan besar ukuran pada rentang 0-100 nanometer (Sari et al., 2022).

Pada hasil pengujian X-ray Diffraction (XRD) terhadap sintesis Copper Tin Oxide (CuSnO3) tanpa aditif monoethanolamine (MEA) didapatkan ukuran Kristal rata-rata (D) 21,06 nm. Hal ini disebabkan penambahan aditif sangat berpengaruh terhadap ukuran Kristal dan struktur kristal.

KESIMPULAN

Hasil karakterisasi sintesis Copper Tin Oxide (CuSnO3) menggunakan XRD didapatkan ukuran partikel berkisar 40,10 – 50,02 nm. Sedangkan hasil pengujian menggunakan XRD dengan metode sol gel tanpa aditif didapatkan ukuran partikel yaitu 21,06 nm.

DAFTAR PUSTAKA

Borhade, V., Tope, D. R., & Sangle, S. L. (2019). " Synthesis , Characterization and Photocatalytic application of CuSnO 3 Perovskite oxide ." 6(3), 382–386.

Didik, L. A. (2020). PENENTUAN UKURAN BUTIR KRISTAL CuCr0,98Ni0,02O2 DENGAN MENGGUNAKAN X-RAY DIFRACTION (XRD) DAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM). Indonesian Physical Review, 3(1), 6–14. https://doi.org/10.29303/ipr.v3i1.37

Gnanamoorthy, G., Yadav, V. K., & Narayanan, V. (2020). Well organized assembly of (X)- CuSnO3 nanoparticles enhanced photocatalytic and anti-bacterial properties. Journal of Water Process Engineering, 36(March), 101258. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101258

Huan, Y. U., A, Z. X., Zhongyi, Y. I. N., & Feng, T. A. O. (2007). Preparation of Nitrogen-doped Ti02 Nanoparticle Catalyst and Its Catalytic Activity under Visible Light *. 15, 802–807.

Kahl, G. (2015). I ndium t in o xide sensor (ITO) . The Dictionary of Genomics, Transcriptomics and Proteomics, 1–1. https://doi.org/10.1002/9783527678679.dg06035

Kasuma, S., Ningsih, W., Nasra, E., Rahayu, Y., Kimia, J., Matematika, F., Alam, P., & Padang, U. N. (2020). Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Co2+ Doped Zno Dengan Menggunakan Metode Sol-Gel. Indonesian Journal of Chemical Science, 9(1), 24–30.

Kim, Gab Kyung Seo, S. W. H., Hakki Yu, Byungmin Ahn, Hyungtak Seo, I. S., & Cho. (2017). Author ' s Accepted Manuscript. Ceramics International. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.10.119

Ningsih, S. K. W. (2016). Sintesis Anorganik. In Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.

Puspitaningrum, T., & Sujitno, T. (2017). Penentuan Band Gap Dan Konduktivitas Bahan. 739, 166–172.

Sari, R., Sanjaya, H., Yohandri, Y., Amran, A., & Putra, A. (2022). Degradasi Zat Warna Methyl Violet dengan Katalis ZnO/Ag Menggunakan Metode Fotosonolisis. Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP, 11(1), 24. https://doi.org/10.24036/p.v11i1.113261

Tanto, T., & Darmuji, D. (2020). Penerapan Internet of Things (IoT) Pada Alat Monitoring Energi Listrik. Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan, 1(1), 45. https://doi.org/10.37338/e.v1i1.99

Vinothkumar, P., Manoharan, C., Shanmugapriya, B., & Bououdina, M. (2019). Effect of reaction time on structural, morphological, optical and photocatalytic properties of copper oxide (CuO) nanostructures. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 30(6), 6249–6262. https://doi.org/10.1007/s10854-019-00928-7

Xiong, L., Guo, Y., Wen, J., Liu, H., Yang, G., Qin, P., & Fang, G. (2018). Review on the Application of SnO2 in Perovskite Solar Cells. Advanced Functional Materials, 28(35). https://doi.org/10.1002/adfm.201802757

Akdağ. (2016). Akdağ_2016.pdf.

Borhade, V., Tope, D. R., & Sangle, S. L. (2019). " Synthesis , Characterization and Photocatalytic application of CuSnO 3 Perovskite oxide ." 6(3), 382–386.

Didik, L. A. (2020). PENENTUAN UKURAN BUTIR KRISTAL CuCr0,98Ni0,02O2 DENGAN MENGGUNAKAN X-RAY DIFRACTION (XRD) DAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM). Indonesian Physical Review, 3(1), 6–14. https://doi.org/10.29303/ipr.v3i1.37

Gnanamoorthy, G., Yadav, V. K., & Narayanan, V. (2020). Well organized assembly of (X)- CuSnO3 nanoparticles enhanced photocatalytic and anti-bacterial properties. Journal of Water Process Engineering, 36(March), 101258. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101258

Huan, Y. U., A, Z. X., Zhongyi, Y. I. N., & Feng, T. A. O. (2007). Preparation of Nitrogen-doped Ti02 Nanoparticle Catalyst and Its Catalytic Activity under Visible Light *. 15, 802–807.

Kahl, G. (2015). I ndium t in o xide sensor (ITO) . The Dictionary of Genomics, Transcriptomics and Proteomics, 1–1. https://doi.org/10.1002/9783527678679.dg06035

Kasuma, S., Ningsih, W., Nasra, E., Rahayu, Y., Kimia, J., Matematika, F., Alam, P., & Padang, U. N. (2020). Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Co2+ Doped Zno Dengan Menggunakan Metode Sol-Gel. Indonesian Journal of Chemical Science, 9(1), 24–30.

Kim, Gab Kyung Seo, S. W. H., Hakki Yu, Byungmin Ahn, Hyungtak Seo, I. S., & Cho. (2017). Author ' s Accepted Manuscript. Ceramics International. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.10.119

Ningsih, S. K. W. (2016). Sintesis Anorganik. In Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.

Puspitaningrum, T., & Sujitno, T. (2017). Penentuan Band Gap Dan Konduktivitas Bahan. 739, 166–172.

Sari, R., Sanjaya, H., Yohandri, Y., Amran, A., & Putra, A. (2022). Degradasi Zat Warna Methyl Violet dengan Katalis ZnO/Ag Menggunakan Metode Fotosonolisis. Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP, 11(1), 24. https://doi.org/10.24036/p.v11i1.113261

Tanto, T., & Darmuji, D. (2020). Penerapan Internet of Things (IoT) Pada Alat Monitoring Energi Listrik. Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan, 1(1), 45. https://doi.org/10.37338/e.v1i1.99

Vinothkumar, P., Manoharan, C., Shanmugapriya, B., & Bououdina, M. (2019). Effect of reaction time on structural, morphological, optical and photocatalytic properties of copper oxide (CuO) nanostructures. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 30(6), 6249–6262. https://doi.org/10.1007/s10854-019-00928-7

Xiong, L., Guo, Y., Wen, J., Liu, H., Yang, G., Qin, P., & Fang, G. (2018). Review on the Application of SnO2 in Perovskite Solar Cells. Advanced Functional Materials, 28(35). https://doi.org/10.1002/adfm.201802757

Akdağ. (2016). Akdağ_2016.pdf.

Borhade, V., Tope, D. R., & Sangle, S. L. (2019). " Synthesis , Characterization and Photocatalytic application of CuSnO 3 Perovskite oxide ." 6(3), 382–386.

Didik, L. A. (2020). PENENTUAN UKURAN BUTIR KRISTAL CuCr0,98Ni0,02O2 DENGAN MENGGUNAKAN X-RAY DIFRACTION (XRD) DAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM). Indonesian Physical Review, 3(1), 6–14. https://doi.org/10.29303/ipr.v3i1.37

Gnanamoorthy, G., Yadav, V. K., & Narayanan, V. (2020). Well organized assembly of (X)- CuSnO3 nanoparticles enhanced photocatalytic and anti-bacterial properties. Journal of Water Process Engineering, 36(March), 101258. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101258

Huan, Y. U., A, Z. X., Zhongyi, Y. I. N., & Feng, T. A. O. (2007). Preparation of Nitrogen-doped Ti02 Nanoparticle Catalyst and Its Catalytic Activity under Visible Light *. 15, 802–807.

Kahl, G. (2015). I ndium t in o xide sensor (ITO) . The Dictionary of Genomics, Transcriptomics and Proteomics, 1–1. https://doi.org/10.1002/9783527678679.dg06035

Kasuma, S., Ningsih, W., Nasra, E., Rahayu, Y., Kimia, J., Matematika, F., Alam, P., & Padang, U. N. (2020). Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Co2+ Doped Zno Dengan Menggunakan Metode Sol-Gel. Indonesian Journal of Chemical Science, 9(1), 24–30.

Kim, Gab Kyung Seo, S. W. H., Hakki Yu, Byungmin Ahn, Hyungtak Seo, I. S., & Cho. (2017). Author ' s Accepted Manuscript. Ceramics International. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.10.119

Ningsih, S. K. W. (2016). Sintesis Anorganik. In Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.

Puspitaningrum, T., & Sujitno, T. (2017). Penentuan Band Gap Dan Konduktivitas Bahan. 739, 166–172.

Sari, R., Sanjaya, H., Yohandri, Y., Amran, A., & Putra, A. (2022). Degradasi Zat Warna Methyl Violet dengan Katalis ZnO/Ag Menggunakan Metode Fotosonolisis. Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP, 11(1), 24. https://doi.org/10.24036/p.v11i1.113261

Tanto, T., & Darmuji, D. (2020). Penerapan Internet of Things (IoT) Pada Alat Monitoring Energi Listrik. Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan, 1(1), 45. https://doi.org/10.37338/e.v1i1.99

Vinothkumar, P., Manoharan, C., Shanmugapriya, B., & Bououdina, M. (2019). Effect of reaction time on structural, morphological, optical and photocatalytic properties of copper oxide (CuO) nanostructures. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 30(6), 6249–6262. https://doi.org/10.1007/s10854-019-00928-7

Xiong, L., Guo, Y., Wen, J., Liu, H., Yang, G., Qin, P., & Fang, G. (2018). Review on the Application of SnO2 in Perovskite Solar Cells. Advanced Functional Materials, 28(35). https://doi.org/10.1002/adfm.201802757

Borhade, V., Tope, D. R., & Sangle, S. L. (2019). " Synthesis , Characterization and Photocatalytic application of CuSnO 3 Perovskite oxide ." 6(3), 382–386.

Didik, L. A. (2020). PENENTUAN UKURAN BUTIR KRISTAL CuCr0,98Ni0,02O2 DENGAN MENGGUNAKAN X-RAY DIFRACTION (XRD) DAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM). Indonesian Physical Review, 3(1), 6–14. https://doi.org/10.29303/ipr.v3i1.37

Gnanamoorthy, G., Yadav, V. K., & Narayanan, V. (2020). Well organized assembly of (X)- CuSnO3 nanoparticles enhanced photocatalytic and anti-bacterial properties. Journal of Water Process Engineering, 36(March), 101258. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101258

Huan, Y. U., A, Z. X., Zhongyi, Y. I. N., & Feng, T. A. O. (2007). Preparation of Nitrogen-doped Ti02 Nanoparticle Catalyst and Its Catalytic Activity under Visible Light *. 15, 802–807.

Kahl, G. (2015). I ndium t in o xide sensor (ITO) . The Dictionary of Genomics, Transcriptomics and Proteomics, 1–1. https://doi.org/10.1002/9783527678679.dg06035

Kasuma, S., Ningsih, W., Nasra, E., Rahayu, Y., Kimia, J., Matematika, F., Alam, P., & Padang, U. N. (2020). Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Co2+ Doped Zno Dengan Menggunakan Metode Sol-Gel. Indonesian Journal of Chemical Science, 9(1), 24–30.

Kim, Gab Kyung Seo, S. W. H., Hakki Yu, Byungmin Ahn, Hyungtak Seo, I. S., & Cho. (2017). Author ' s Accepted Manuscript. Ceramics International. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.10.119

Ningsih, S. K. W. (2016). Sintesis Anorganik. In Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.

Puspitaningrum, T., & Sujitno, T. (2017). Penentuan Band Gap Dan Konduktivitas Bahan. 739, 166–172.

Sari, R., Sanjaya, H., Yohandri, Y., Amran, A., & Putra, A. (2022). Degradasi Zat Warna Methyl Violet dengan Katalis ZnO/Ag Menggunakan Metode Fotosonolisis. Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP, 11(1), 24. https://doi.org/10.24036/p.v11i1.113261

Tanto, T., & Darmuji, D. (2020). Penerapan Internet of Things (IoT) Pada Alat Monitoring Energi Listrik. Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan, 1(1), 45. https://doi.org/10.37338/e.v1i1.99

Vinothkumar, P., Manoharan, C., Shanmugapriya, B., & Bououdina, M. (2019). Effect of reaction time on structural, morphological, optical and photocatalytic properties of copper oxide (CuO) nanostructures. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 30(6), 6249–6262. https://doi.org/10.1007/s10854-019-00928-7

Xiong, L., Guo, Y., Wen, J., Liu, H., Yang, G., Qin, P., & Fang, G. (2018). Review on the Application of SnO2 in Perovskite Solar Cells. Advanced Functional Materials, 28(35). https://doi.org/10.1002/adfm.201802757